



Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS): Erfolge und Herausforderungen beim Recycling

Äußere und innere Werte stimmen

Acrylnitril-Butadien-Styrol ist ein Werkstoff für optisch und mechanisch anspruchsvolle Anwendungen in der Automobilindustrie, für Elektronikgehäuse, Haushaltsgeräte und die Medizintechnik. Die Bedeutung von ABS-Produkten mit hohen Anteilen an Post-Consumer-Rezyklat steigt enorm an. Dabei geht der Trend zu qualitativ hochwertigen Rezyklatmarken, die Neuware in den Anwendungen ersetzen.

Unter den technischen Thermoplasten spielt Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) eine bedeutende Rolle. Das Polymer zeichnet sich durch hohe chemische Beständigkeit und Schlagzähigkeit, bei hoher Oberflächenqualität und Wärmeformbeständigkeit aus. Als amorpher Werkstoff lässt sich ABS sehr gut verarbeiten. Die Herstellung von ABS-Kunststoffen erfolgt durch Polymerisation von Styrol und Acrylnitril, gefolgt von der Abmischung mit einem Kautschuk auf Butadien-Basis. Dieses sogenannte Emulsions-

ABS macht etwa 90 % der weltweit hergestellten ABS-Menge aus. Die restlichen 10 % sind sogenannte Masse-ABS-Produkte, bei denen die Polymerisation von Styrol und Acrylnitril in Gegenwart von Butadien-Polymeren erfolgt. In der Regel liegt der Anteil an Styrol dabei zwischen ca. 50 und 60 % und der Acrylnitril-Gehalt der Matrix im Bereich von etwa 20 bis ca. 30 %. ABS weist eine sehr gute Mischbarkeit mit anderen Kunststoffen wie Polyamid (PA), Polymethylmethacrylat (PMMA), thermoplasti-

chem Polyurethan (TPU) und Polycarbonat (PC) auf. Technisch relevante Blends sind ABS+PA und ABS+PC, wobei die Eigenschaften über weite Bereiche durch gezielte Wahl der Blend-Zusammensetzung und -Morphologie variiert werden können. Die Blends bieten hochwertige Eigenschaften in Verbindung mit günstigen Preisen.

Die Haupteinsatzbereiche für ABS-Kunststoffe sind Küchen- und Haushaltsgeräte sowie Elektrik- und Elektronik-Anwendungen wie Gehäuse für Computer, Drucker oder Spielekonsolen. Diese Anwendungsbereiche dominieren das globale Nachfragewachstum bei ABS. Das weltweite Marktvolumen erreichte laut dem Marktforschungsunternehmen IHS 2021 erstmals 10 Mio. t/a (**Bild 1**). Hauptgrund dafür ist die nach wie vor ungebrochene Nachfrage nach Küchengeräten, sowie diversen elektronischen Geräten mit hoher optischer Qualität, speziell in den Emerging Economies. Weitere wichtige Einsatzgebiete sind hochwärmeformbeständige und emissionsarme Bauteile im Automobilinnen-

bereich, Spielzeuge, Freizeitanwendungen und extrudierte, thermogeformte Teile und Wasserrohre. IHS zufolge ist davon auszugehen, dass das globale Marktwachstum bei ABS über die nächsten Jahre bei etwa 5 % pro Jahr liegen wird.

Der Fokus liegt auf China

Nach wie vor ist Nordostasien der größte Markt für ABS und auch die größte Exportregion von ABS-Kunststoffen. Es wird er-

Besonders für
Elektro- und Haus-
haltsgeräte ist ABS
sehr beliebt.

© Shutterstock; NosorogUA



wartet, dass sich das in den kommenden fünf Jahren nicht ändert. In Nordamerika gehen die Experten von IHS von etwa 1,7 % Wachstum des ABS-Markts pro Jahr bis 2026 aus. Für Westeuropa wird etwa 1,6 % Wachstum in den nächsten fünf Jahren vorausgesagt.

Konsequenterweise sind die meisten Kapazitätserweiterungen und neuen Anlagen in China geplant (Bild 2). Ineos hat etwa Ende Juli 2022 die Gründung eines 50:50-Joint-Ventures mit Sinopec vereinbart. Dieses soll eine Produktionskapazität von bis zu 1,2 Mio. t ABS aufbauen, um die wachsende Nachfrage in China zu decken. Eine 600 000 t Jahreskapazität umfassende ABS-Anlage im chinesischen Ningbo, die derzeit von Ineos gebaut wird und bis Ende 2023 in Betrieb gehen soll, wird Teil des Joint Ventures sein.

China bleibt trotz der Kapazitätserweiterungen der wichtigste Importeur von ABS-Kunststoffen. Allerdings werden die Zusatzkapazitäten in China wohl zu Änderungen in den internationalen

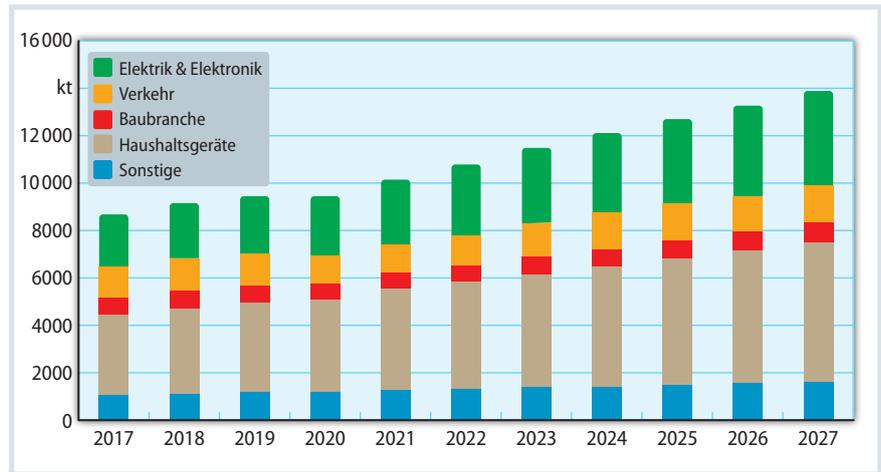


Bild 1. Weltweite ABS-Nachfrage aufgeteilt nach Industriesegmente: Das anhaltende Wachstum bei Haushaltsgeräten und Elektronikprodukten treibt die Nachfrage nach ABS nach oben.

Quelle: IHS-Datenbank; Grafik: © Hanser

Warenströmen führen. Die derzeit größten ABS-Produzenten sind die Chi Mei Corporation, die LG Group und Ineos Styrolution.

Im ersten Jahr der Pandemie 2020 gab es zwar einige Anzeichen von Verzö-

gerungen bei neuen Kapazitäten – unter anderem kündigte Versalis die Verschiebung einer HIPS-Konversion in Masse-ABS an – jedoch sind die Planungen in den Hauptabsatzmärkten nach wie vor ambitioniert. Das gilt selbst unter der »

WE DRIVE THE CIRCULAR ECONOMY.



CHOOSE THE NUMBER ONE.

EREMA®
PLASTIC RECYCLING SYSTEMS

Ob Inhouse-, Postconsumer, Bottle- oder chemisches Recycling: Nur wenn Maschinen perfekt auf die jeweilige Anforderung abgestimmt sind, gelingt es Kreisläufe präzise und profitabel zu schließen. Vertrauen Sie dabei auf die Nummer 1-Technologie von EREMA: Über 6500 unserer Maschinen und Systeme produzieren so jährlich rund 14,5 Mio. Tonnen hochwertiges Granulat – hocheffizient und energiesparend.

K22 MAIN BOOTH: Hall 9 / Booth C09
OUTDOOR AREA: FG-CE03

erema-group.com
K22 Another life for plastic. Because we care.

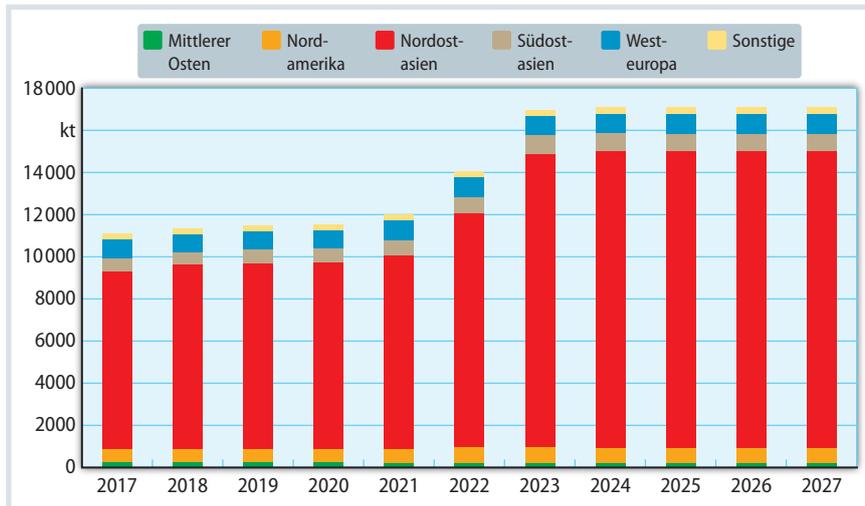
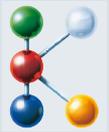


Bild 2. Die globale Produktion von ABS findet zu einem überwältigenden Anteil in China statt.

Quelle: IHS-Datenbank; Grafik: © Hanser



Bild 3. Für Automobilbauteile wie Heckspoiler wird ABS gerne genutzt, da es ein sehr ansprechendes Aussehen mit guten mechanischen Eigenschaften, etwa einer hohen Spannungsrissbeständigkeit, kombiniert. © Thaco

Annahme, dass gegebenenfalls nicht alle angekündigten Zusatzkapazitäten wirklich eins zu eins errichtet werden, wie bisher vorausgesetzt.

Die durch die Pandemie hervorgerufenen Störungen in den Lieferketten haben sich auf beinahe alle Märkte ausgewirkt: Knappheit an jeweiligen Vorprodukten – unter anderem durch limitierte Verfügbarkeit von Transportcontainern – führte zu teilweise erheblichen Preissteigerungen. Durch den dadurch verursachten Produktionsrückstand und die Notwendigkeit, diesen Rückstand aufzuholen, ist damit zu rechnen, dass die Disruptionen in der Wertschöpfungskette auch in naher Zukunft zu einer begrenzten Verfügbarkeit von Endprodukten führen werden.

Emulsion oder Masse?

Die global am häufigsten genutzte ABS-Produktionstechnologie ist wie erwähnt die Emulsionspolymerisation. Dabei werden Styrol, Acrylnitril sowie gegebenenfalls weitere Monomere wie Alpha-Methylstyrol in kontinuierlicher Fahrweise polymerisiert. Die Zähmodifikation erfolgt durch Zumischung von diskontinuierlich hergestelltem Emulsionskautschuk aus Polybutadien, der zwecks Verträglichkeit mit Styrol und Acrylnitril gepfropft ist. Hervorstechendste Eigenschaft von Emulsions-ABS ist der hohe Glanz. Die Ursache dafür sind kleine Kautschukpartikel mit mittlerem Durchmesser unterhalb der sichtbaren Lichtwellenlänge, die durch minimale Licht-

streuung einen maximalen Oberflächen-glanz erzeugen.

Außerdem wird wie gesagt die Masse-ABS-Technologie zur Herstellung des Kunststoffs eingesetzt. Sie ist dem Schlagfest-Polystyrol-Verfahren sehr ähnlich und erzeugt in einem kontinuierlichen Prozess sowohl die Styrol-Acrylnitril-Matrix als auch den darin dispergierten Kautschuk. Die Größe der entstehenden Kautschukpartikel liegt im beziehungsweise über dem Bereich der sichtbaren Lichtwellenlänge. Licht wird deshalb stärker gestreut und die Oberflächen erscheinen matter. Das ist unter anderem bei Anwendungen im Automobilinnenraum ein erwünschter Effekt.

Der erfolgreiche Einsatz von ABS in verschiedenen Anwendungen ist auf die Kombination seiner Eigenschaften zurückzuführen. Mit einer Temperaturbeständigkeit bis etwa 112°C, einem sehr guten Verhältnis von Schlagfestigkeit zu Steifigkeit, einer guten Beständigkeit gegenüber Spannungsriss auslösenden Medien, sowie der guten Ästhetik ist ABS das Material der Wahl für Anwendungen bis knapp unter 100°C Dauergebrauchstemperatur. ABS wird deshalb bereits seit Langem in verschiedenen Innen- und Außenanwendungen im Automobilbereich verwendet. Ein aktuelles Beispiel sind die qualitativ hochwertigen Heckspoiler eines großen Automobil-OEM aus Novodur 550 von Ineos Styrolution (**Bild 3**).

Mechanisches Recycling ist die beste Wahl

Das Thema Nachhaltigkeit und das Konzept der Kreislaufwirtschaft dominieren die gesamte Kunststoffwertschöpfungskette. Dabei gilt es, die Kunststoffe nach der ersten Nutzungsphase einer erneuten sinnvollen und wenn möglich qualitativ gleichwertigen Nutzung zuzuführen. Das bedeutet im Umkehrschluss die konsequente Vermeidung von unkontrolliertem Eintrag in die Umwelt wie etwa Marine Littering, aber auch die Vermeidung einer kontrollierten Deposition, sowie der Verbrennung.

Für die Wiederverwendung von Post-Consumer-ABS ist mechanisches Recycling derzeit die beste Wahl, da andere Verfahren wie Lösung und Fällung oder ein kontrollierter thermischer Abbau (Pyrolyse) für ABS noch nicht ausreichend fortgeschritten sind (**Bild 4**).

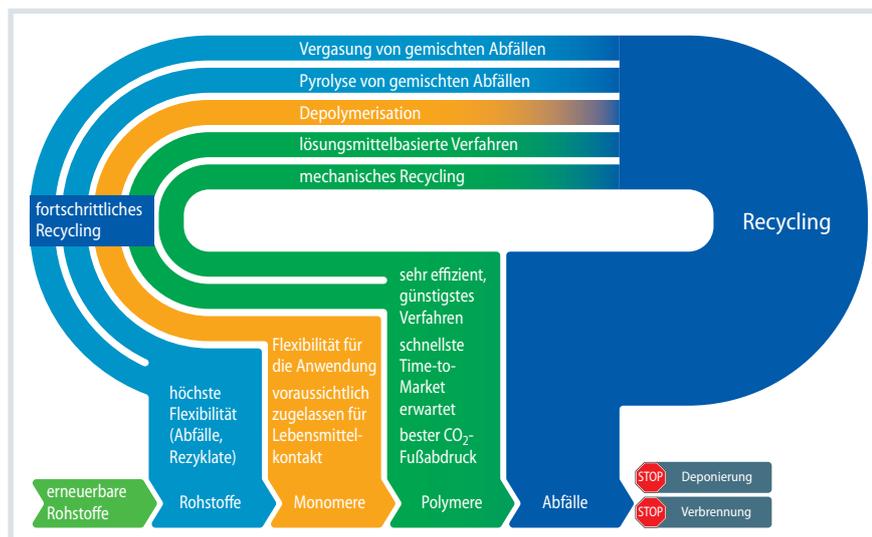


Bild 4. Überblick über die wichtigsten Recyclingverfahren für Styrolpolymere am Beispiel von PS und ABS (ohne Depolymerisation): ABS ist sowohl für das mechanische als auch das chemische Recycling geeignet. Die chemischen Verfahren befinden sich zum großen Teil jedoch noch in der Entwicklung. Quelle: Styrolution Group; Grafik: © Hanser

Auch der große Bruder von ABS, das Polystyrol (PS), verfügt über ein enormes Potenzial für die Kunststoffkreislaufwirtschaft. PS ist aufgrund seiner Eigenschaften, also der hohen Glasübergangstemperatur, der kontrollierbaren thermischen Zersetzung zu im Wesentlichen Styrol, als auch der sehr guten Sortierbarkeit ideal für die Kreislaufwirtschaft geeignet und kommt auch für das chemische Recycling in Frage. Durch die Glasübergangstemperatur von PS – die deutlich über seiner Gebrauchstemperatur liegt – wird die molekulare Beweglichkeit der Polystyrolketten eingefroren und die Migration von Spuren von Verunreinigungen aus dem oder durch das PS minimiert. Damit eignet sich PS sehr

gut für mechanisches Recycling zu sehr reinen, für Lebensmittel geeigneten Verpackungsmaterialien.

Lebensmittelzulassung erwartet

Ein solches Produkt ist das kürzlich vorgestellte Styrolution PS Eco 440. Für die Herstellung kommt das Nahinfrarotsortierverfahren von Tomra zum Einsatz, das eine Polystyrolreinheit von mehr als 99,9 % liefert. Entsprechende Nahrungsmittelkontaktdossiers (engl: FC-Petitions) sind bei der europäischen Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA zur Beurteilung und Zulassung eingereicht [1,2]. Styrolution PS Eco wird nicht nur aus recyceltem Material hergestellt, sondern ist auch

vollständig recycelbar. Das Material ermöglicht somit eine echte Zirkularität, ohne dass ein Downcycling erforderlich ist. Die erste verfügbare Sorte ist Styrolution PS Eco 440 MR100 White. Der Zusatz MR100 weist darauf hin, dass das Material zu 100 % aus Recyclingmaterial besteht.

Das Material kann außerdem hinter einer funktionellen Barriere verwendet werden, wodurch es ebenfalls für Anwendungen mit Lebensmittelkontakt wie Lebensmittelverpackungsschalen aus XPS-Schaumstoff geeignet ist. »

Info

Text

Dr. Norbert Nießner ist Director Global Innovation und IP bei Ineos Styrolution.

Dr. Eike Jahnke arbeitet als Vice President Business Management Styrenic Specialties EMEA bei Ineos Styrolution.

Dr. Frank Eisenträger ist Director Polystyrene EMEA bei Ineos Styrolution.

Yohann Bach arbeitet als Product Director Standard ABS EMEA bei Ineos Styrolution.

Oliver Carstensen ist Technical Product Manager Standard ABS EMEA bei Ineos Styrolution.

Dr. Christian Ruthard arbeitet als Product Manager Eco Specialties EMEA bei Ineos Styrolution.

Literatur & Digitalversion

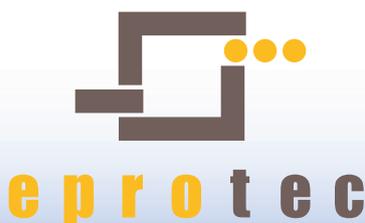
Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

K-Messe: Halle 11-D81



Swiss Quality
melt pumps



Investment in technical lead and productivity
www.eprotec-extrusion.com

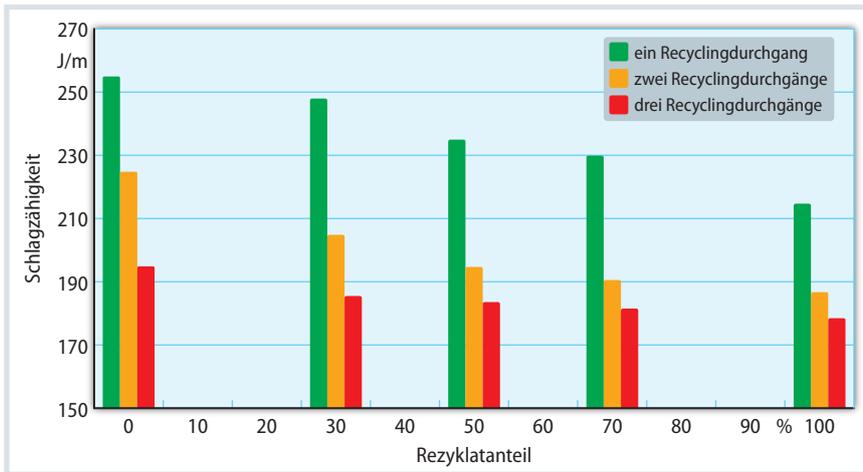
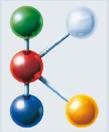


Bild 5. Schlagzähigkeit von Blends aus ABS-Neuware mit verschiedenen Rezyklatanteilen nach jeweils einem, zwei und drei Verarbeitungsschritten: Gut zu sehen ist, dass die Schlagzähigkeit besonders nach dem zweiten Recyclingschritt deutlich absinkt. Quelle: [3]; Grafik: © Hanser

Das Konzept, das den Anforderungen der Verordnung (EU) Nr. 10/2011 entspricht, basiert auf einer Schicht aus Neuware-PS, die das recycelte Polystyrol umschließt.

Wie der Recyclingprozess die technischen Eigenschaften von ABS-Rezyklaten verändert, hat ein Forscherteam um Robert Scaffaro von der Universität Palermo näher untersucht [3]. Die Wissenschaftler analysierten Mischungen aus neuem und recyceltem ABS, die 0, 30, 50, 70 und 100 % Rezyklatanteil enthielten, und betrachteten die gesamte Bandbreite rheologischer und mechanischer Daten. Während die Rheologie weitgehend unbeeinflusst bleibt, trotz der generell höheren Schmelzevolumenfließrate (engl. Melt Volume-flow Rate, MVR) des PCR-ABS aufgrund von alterungsbedingten Kettenspaltungseffekten, sind die mechanischen Eigenschaften bei den Rezyklatmischungen erwartungsgemäß geringer. Interessanterweise hängen die mechanischen Eigenschaften nach dem anfänglichen Misch-Compoundier-Schritt relativ linear vom PCR-ABS-Gehalt ab. Außerdem untersuchten die Autoren noch zwei weitere Aufberei-

tungszyklen und stellten fest, dass die Leistung bei allen Mischungen deutlich abfällt (**Bild 5**).

Die Herausforderung ist es somit, ABS-Rezyklatmarken praktisch ohne Abfall der Produkteigenschaften herzustellen. Ineos hat entsprechende Produkte mit 50 beziehungsweise 70 % Rezyklatanteil auf den Markt gebracht, die diese Voraussetzungen erfüllen (**Tabelle**). Dieses echte Recycling im Gegensatz zum Downcycling erzeugt Nachfrage auch in Premiumsegmenten. Ein Beispiel dafür ist das von dem Kofferhersteller Tuplus und Ineos entwickelte Set von Reisekoffern (**Bild 6**) basierend auf einem 50:50-Blend aus rezykliertem und Neuware-ABS (Produktname: Terluran Eco GP-22 MR50). Im Vergleich zu Koffern aus fossilen Rohstoffen weisen die Modelle aus Terluran Eco einen deutlich reduzierten CO₂-Fußabdruck auf.

Bio-basiertes ABS

Bei allen Erfolgen im Bereich des mechanischen Recyclings sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die im Rezy-

klat enthaltenen Farbstoffe und Additive eine gewisse Einschränkung in den Anwendungsbereichen bedeuten. Beispielsweise lässt sich aus mechanisch recyceltem, schwarz eingefärbtem ABS nur sehr schwierig weißes oder gar naturfarbenes ABS herstellen. Für diese Fälle ist das chemische Recycling – also die Spaltung von ABS in Monomere, gefolgt von Repolymerisation – geeignet.

Eine andere Möglichkeit, den CO₂-Fußabdruck zu senken, stellt die Bioattribution dar. Dabei wird am Beginn der Wertschöpfungskette ein Teil des fossilen Feedstocks durch bio-basierten Feedstock ersetzt. Aufgrund der enormen Kapazität der entsprechenden Chemieanlagen gelingt es momentan jedoch noch nicht, sie komplett mit biobasiertem Feedstock zu füllen. Der biobasierte Anteil wird bei dem Verfahren über einen offiziellen, zertifizierten Prozess den Produkten zugeordnet. Das hat den Vorteil, dass

- die gegebene Infrastruktur (Raffinerie, Steamcracker, etc) genutzt werden kann.
- biobasierter Feedstock verwendet werden kann, dessen Anbau nicht im Wettbewerb mit Lebensmitteln wie Getreide und Ölsaaten steht.
- sich die Produkteigenschaften nicht ändern und damit auch nicht die Zulassungen und Technologien zur Herstellung und Verarbeitung.

Beide Lösungen – nachhaltige Produktlinien aus Styrolkunststoffen mit dem Einsatz von bioattribuierten oder rezyklierten Rohstoffquellen – tragen zur Vermeidung des Einsatzes von fossilen Ressourcen bei und ermöglichen signifikante Reduktionen des CO₂-Fußabdrucks der jeweiligen Produkte. Auf Basis bioattribuierter Rohstoffe sind mittlerweile eine Reihe von Styrolpolymeren verfügbar wie PS, Styrol-Acrylnitril-Copolymer (SAN), Styrol-Methyl-Methacrylat-Copo-

	E-Modul [MPa]	Charpy-Kerbschlagzähigkeit [KJ/m ²]	Schmelzevolumenfließrate [cm ³ /10 min]	Wärmeformbeständigkeit (Vicat B/50) [°C]
Terluran GP-22 (Neuware-ABS)	2300	22	19	96
Terluran Eco GP-22 MR50 (50 % Rezyklat)	2100	18	19	95
Terluran Eco GP-22 MR70 (70 % Rezyklat)	2100	17	17	95
Novodur H801 (Neuware-ABS)	2400	35	10,5	106
Novodur Eco H801 (40 % Rezyklat)	2100	35	10	105

Tabelle. Vergleich wichtiger Kennwerte von Neuware-ABS und Typen mit Rezyklatanteil

Quelle: Ineos Styrolution

lymer (SMMA), Styrol-Butadien-Copolymer (SBC), Acrylnitril-Styrol-Acrylat-Copolymer (ASA) und ABS. Alle diese Produkte lassen sich in bestehenden Anwendungen problemlos als 1:1-Ersatz einsetzen ohne die Notwendigkeit erneuter technischer Freiprüfungen. Dabei werden nach ISCC (International Sustainability and Carbon Certification) zertifizierte bioattribuierte Rohstoffe in einem ebenfalls von ISCC zertifizierten Massenbilanzverfahren eingesetzt. Ein Beispiel ist das kürzlich eingeführte Styroflex Eco. Styroflex Eco 2G66 B60 ist ein ISCC-zertifiziertes Produkt, bei dem ein bio-attribuiertes Styrol eingesetzt wird. Im Vergleich zum Einsatz von Styrol aus fossilen Rohstoffen weist Styroflex Eco einen um 77 % geringeren Treibhausgasfußabdruck auf.

Neben dem Einsatz erneuerbarer Rohstoffe etabliert sich die Verwendung rezyklierter Styrolkunststoffe als nachhaltige Lösung in verschiedenen Anwendungen. Dabei ist zu beobachten, dass auch anspruchsvollere Anwendungen wie der Automobilsektor mit neu entwi-



Bild 6. Für das Reisekofferset von Tuplus wird ein ABS-Blend mit 50 % Rezyklatanteil von Ineos Styrolution verwendet.

©Tuplus

ckelten Produkten erreichbar werden. Ein Beispiel dafür sind die von Ineos Styrolution eingeführten Novodur-Eco-Produkte, bei denen mechanisch rezykliertes ABS aus gebrauchten und entsorgten Elektro-

und Elektronikgeräten verwendet wird. Sie sollen beispielsweise im Automobilinnenraum eingesetzt werden, für Teile die eine erhöhte Wärmeformbeständigkeit benötigen. ■

www.powerfil.com

**STARKE STAND-ALONE
FILTER VON EREMA**

Seit 35 Jahren ist EREMA Innovationsführer für hocheffiziente Kunststoffrecycling-Maschinen. Das Herzstück sind unsere Schmelzefilter. Robust, sicher und durchsatzstark – auch bei hohen Verschmutzungsgraden. Filter made by EREMA beweisen ihre Zuverlässigkeit seit Jahrzehnten unter härtesten Recyclingbedingungen. Mit unserer neuen Marke POWERFIL können Sie nun unsere Hochleistungsfilter für Ihre bestehende Extrusionsanlage nutzen. Plug in Experience. Plug in Performance.

EFFIZIENT WIRTSCHAFTLICH SICHER

K22 MAIN BOOTH: Hall 9 / Booth C09
OUTDOOR AREA: FG-CE03